

第5章 焊接修复技术

柳台夫

机械零部件在服役过程中,免不了发生磨损或破裂,这些破损零件的大部分都是可以通过焊接的方法进行修复。按照零件的材质主要分为铸铁件的焊修和钢件的焊修,下面分别进行介绍。至于铜、铝等零件的焊修这里不作叙述。

第1节 铸铁零件的冷焊修复

(一) 概述

铸铁件的焊修方法,就手工电弧焊而言,主要有热焊法、半热焊法和冷焊法,本节着重介绍冷焊法。冷焊法即铸铁件的整体温度不高于200℃时进行焊修的方法。其特点是方法简便、修复速度快、劳动条件好、变形较小;缺点是易产生淬硬组织而白口化,操作技艺要求较高,稍不慎则易产生裂纹、气孔等缺陷。其焊接修复的难点主要在以下几方面:

1) 铸铁含碳量高,从熔化状态遇到骤冷易白口化,白口化则收缩率大;铸铁本身塑性小、脆性大,焊接时的残余应力与铸造残余应力集中作用到厚壁部分或角隅,易形成裂缝以至剥离;铸铁中含硫、磷量较高,这给焊接也带来一定的困难。

2) 铸铁中的碳以片状石墨形式存在,焊接时石墨被高温氧化生成CO气体,在焊缝金属中,易产生气孔或咬边。

3) 铸铁组织疏松(尤其是长期需润滑的零部件),组织浸透油脂,焊修时只靠简单的机械除油、化学除油是远远不够的,即使是例行公事似的火焰烘烤,也不易把油彻底除掉,这些是焊缝气孔的主要原因。

4) 铸铁件服役时经长期高温加热的环境影响,石墨粗大,石墨与基体产生间隙,其近处的油

和水渗进去,形成氧化皮。该氧化皮妨碍焊接时的熔合,极易造成夹渣或裂纹。

5) 铸铁件原有气孔、缩松、砂眼、铁粘砂等缺陷也易造成焊接缺陷。

6) 机修中的铸铁件除破损部位外,其余部分几何精度均较高,如工艺措施和保护方法不当,极易变形过大或电弧划伤而使工件报废。

机修中铸铁件的焊修工艺除克服上述困难外,最主要的还是提高焊缝和熔合区的可切削性,提高焊补处的防裂性能、防渗漏性能和提高焊接接头的强度系数。

(二) 铸铁件破坏形式及其相应修复措施

铸铁件在服役过程中,由于各种原因会产生破损现象,其形式常见的有:磨损、裂纹、断裂、残缺掉肉、孔洞、泄漏等,下面各举典型实例分别介绍其相应修复措施。

1. 裂缝件的冷焊修复

通用焊修裂缝件的冷焊工艺如下:

1) 找出裂源,在裂纹末端的前方3~5mm处钻止延孔,止延孔的直径按表5-1-1选择。

表5-1-1 铸铁冷焊时止延孔的直径

(mm)

壁厚尺寸	4~8	8~15	15~25	>25
止延孔径	3~4	4~6	6~8	8~10

如裂缝很浅,彻底除油并打磨干净后即可施焊修复。

2) 开坡口。以机械方法开坡口质量容易保证。开坡口以不影响准确合拢为原则,既要除尽裂纹又要确保强度。

① 对精密性要求高的完全断开的工件，为了复原定位可靠和方便，焊前暂不开坡口。焊接时，用适当工具使其断口合拢复原，在夹固后，点焊住，然后开一段坡口，焊接一段。

② 对于承受强烈冲击负荷的大型厚壁铸件，在未完全断开的情况下，最好先热压扣合键，使裂纹强迫合拢一些后，再开坡口（参见后面的图 5-1-13、图 5-1-14、图 5-1-15 及其说明）。

③ 当只允许焊接壁厚的一面时，则采用开单面坡口而且开通内面的方法（焊接时为了防止铁水下流，可垫上紫铜板或石墨板）。

④ 对能进行壁厚方向两面焊的，先开一面坡口，等焊好后，再开另一面坡口焊接。

⑤ 薄壁（6 mm 以下）铸铁件的坡口开法：壁厚为 3~4 mm 的，可不开坡口，只须把裂纹部位的表面磨光或铲光即可。壁厚为 5~8 mm 的，可开成角度稍大的浅坡口，应适当的留点钝边（即不要开通）。焊完一面后，再开另一面（为了焊透裂纹，坡口深度要开到已焊面的焊缝金属），再行焊接（图 5-1-1）。

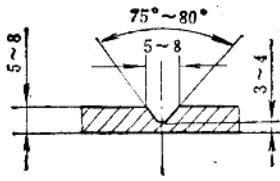


图5-1-1 薄壁件开坡口

⑥ 厚壁开单面坡口的常见形式如图 5-1-2 所示，开双面坡口的如图 5-1-4 所示。坡口尺寸可参考表 5-1-2。

如条件允许，建议在坡口面上开几条与裂纹长

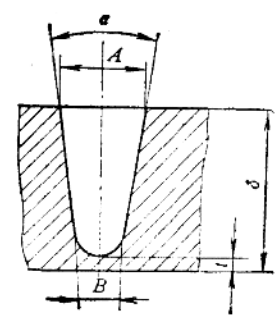


图5-1-2 单面坡口

表5-1-2 坡口尺寸

δ (mm)	B (mm)	A (mm)	α
15~40	10	15~20	16°~18°
40~80	15	30~50	28°~30°

度方向平行的纵向槽，旨在消除部分残余铸造应力，增加焊缝与母材的结合强度。单面 V 型坡口开槽示意图如图 5-1-3。开槽方法可用机械或电弧法。

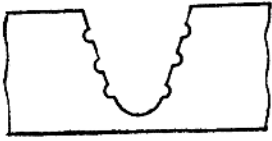


图5-1-3 铸铁冷焊坡口面上开槽示意图

为减少焊接应力及保证焊接质量，若条件许可，采用双面坡口较好，如图 5-1-4。下端的坡口，应在上端的坡口焊好后再开。图 5-1-5 所示的坡口（尖角坡口）应尽量不采用，因为尖角处不易焊透，并且焊接应力会促使裂纹扩展。

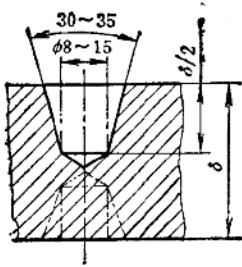


图5-1-4 双面坡口

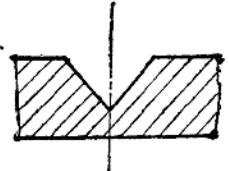


图5-1-5 尖角坡口

⑦ 电弧开坡口 用电弧开坡口，如用得恰当，不仅不会影响焊接质量，而且简单易行，效率很高。但只能用于结构简单，并能自由伸缩的厚壁铸铁零件的某些有裂纹的部位上。有些变质的，或

铸造时就形成的石墨片粗大的铸铁件,在采用电弧开坡口的情况下,还会改善焊接性能。电弧开坡口时采用碳弧或采用交、直流两用焊条,将工件坡口立式放置,从上而下地开较好。也有的采用碳弧气刨或铸 208 焊条开坡口。

3) 较深坡口的焊接,应先进行挂面焊,然后进行退步短段多层焊和分散断续焊,即如图 5-1-6 那样,先把第一段焊满填满坡口后,再退步施焊第二段。每段的长度 50mm 左右,层间温度和接续焊温度为 60℃ 左右。焊道方向与裂纹走向垂直。

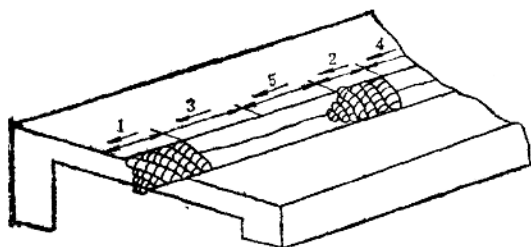
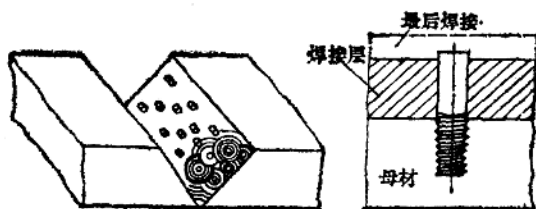


图5-1-6 深坡口的分散退步短段多层焊法



螺钉直径: $d = 6 \sim 10 \text{ mm}$ 外漏长度: $6 \sim 10 \text{ mm}$
 镦入深度: $1 \sim 1.5 d$ 螺丝间距: $4 d$

图5-1-7 裁丝焊法

4) 对于壁厚允许有较多焊层的裂缝的补焊,必要时需进行裁丝处理,如图 5-1-7。以免应力过大造成焊缝剥离。

5) 施焊操作要点

① 预热 焊前用氧炔焰对施焊部位进行稍大范围的烘烤,预热温度为 200℃ 左右。冬季从室外来的铸件,应在室内放置 24 h 以上,使应力松弛后再焊。一般说来,油污不大的工件经 200℃ 左右温度的烘烤后,一可除油,二可预热,可有效的防裂。

② 焊条的选择 焊条的选择要根据工件的作用及要求。国产常用铸铁冷焊用电焊条见表 5-1-3 所示。经碳钢焊条焊后的工件不能再加工,但其突

出的特点是,用镍基焊条几乎不能施焊的氧化或腐蚀很甚的铸铁件,有时倒可使用低碳钢焊条;此外,多层焊时,以碳钢焊条打底焊第一层,熔合效果较好。常用的碳钢焊条有 Z117、Z116、Z100 等碳钢芯铸铁焊条,以及 J506 (结 506)、J507 (结 507)、J427 (结 427) 等结构钢碱性焊条。

使用较为广泛的还是镍基铸铁焊条,牌号主要有 Z308、Z408、Z508。经长期实践证明,铸 408 效果较好,应限用铸 308、淘汰铸 508 焊条。

焊条直径越细越好。焊条应按说明书要求烘干后再用,通常烘干温度为 150~250℃,保温 2 h。

值得指出的是,在碳钢焊缝上可用镍基焊条施焊,但不可在镍基焊缝上用碳钢焊条施焊,因那样做将会熔进大量镍、钼,使焊缝硬度极高,使切削性能不良,容易致裂。

③ 电流和极性的选择 铸铁冷焊法以细径焊条,线能量小为特点,因此常用较低电流施焊,以减少母材熔入量。一般说,冷焊铸铁用的焊接电流比焊接钢结构的焊接电流要小 10%~25% 左右。

冷焊法宜选择直流焊机,并以反接法即焊条接正极进行焊接效果为好。

④ 引弧和收弧 引弧处易出现白口现象,为避免焊接对切削性能、防裂性能的变坏,应尽量在不加工处引弧,重要工件则应利用引弧板引弧,若直接引弧时,必须在焊道中心线上距起焊点约 20mm 处进行引弧,以便及时利用电弧来回火。

收弧时则要在压低电弧填满弧坑后再把电弧拉向一侧熄弧,这样可防止弧坑裂纹的产生。

⑤ 运条 底层的焊接只能采用直线型运条,不得采用划圈法运条,以免增大熔合比。直线型运条每个焊段不超过 50mm,若焊缝较长,宜用退步分散成短段施焊,这样能减少应力集中现象。

并行焊道应往前段焊道压入 $1/3 \sim 1/2$ 见图 5-1-8,这样可以减少母材的熔入量。而且焊缝整齐美观。

整个施焊操作均以短弧施焊,每次焊前必须把熔渣清除干净,必要时用砂轮打磨光滑。接续焊温度、层间温度均为 60℃ (不烫手) 为原则。

经过裁丝处理的工件,应先环绕预先拧好的无头螺钉的根部焊一圈,此时选用塑性好的奥氏体不锈钢焊条;然后再按冷焊法施焊。

表5-1-3 国产铸铁电弧焊焊条

焊条名称	统一牌号	焊芯组成	药皮类型	焊缝金属	电源种类	用途
氧化型钢芯 铸铁焊条	Z100(铸100)	碳钢	氧化型	碳 钢 45HRC	交直流	一般灰口铸铁件非加工面 焊补
高钒铸铁焊 条	Z116(铸116)	碳钢(高钒药 皮)或高钒钢	低氢型	高 钒 钢	直流(反接) 或交流	高强度灰口铸铁及球墨铸 铁焊补
高钒铸铁焊 条	Z117(铸117)	碳钢(高钒药 皮)或高钒钢	低氢型	高 钒 钢	直流(反接)	高强度灰口铸铁及球墨铸 铁焊补
铁粉型冷焊 铸铁焊条	Z122Fe (铸122铁)	碳钢(药皮 中加铁粉)	钛钙型	碳 钢	交直流	多用于一般灰口铸铁件非 加工面焊补
钢芯石墨化 型铸铁焊条	Z208(铸208)	碳 钢	石墨型	灰 铸 铁 35HRC	交直流	一般灰口铸铁件焊补
钢芯球墨铸 铁焊条	Z238(铸238) Z238SnCu (铸238锡铜)	碳钢(药皮 中加球化剂)	石墨型	球 墨 铸 铁	交直流	球墨铸铁件焊补
铸铁芯铸铁 焊条	Z248(铸248) Z258(铸258)	铸 铁 芯	石墨型	灰 铸 铁 220HBS	交直流	灰口铸铁件焊补
纯镍铸铁焊 条	Z308(铸308)	纯 镍	石墨型	镍 120HBS	直流(正接) 或交流	重要灰口铸铁薄壁件和加 工面焊补
镍铁铸铁焊 条	Z408(铸408)	镍铁合金	石墨型	镍铁合金 180HBS	直流(正接) 或交流	重要高强度灰口铸铁件及 球墨铸铁件焊补
镍铜铸铁焊 条	Z508(铸508)	镍铁合金	石墨型	镍 铜 合 金 140HBS	直流(正接) 或交流	强度要求不高的灰口铸铁 件焊补
铜铁铸铁焊 条	Z607(铸607)	紫 铜	低氢型	铜-铁混合	直流(反接)	一般灰口铸铁件非加工面 焊补
铜包钢芯铸 铁焊条	Z612(铸612)	铜芯铁皮或 铜包铁芯	钛钙型	铜-铁混合	交 直 流	一般灰口铸铁件非加工面 焊补
贝氏体马氏 体铸铁焊条	铸8-1			B + M	直 流	薄壁非加工面焊补
奥氏体型铸 铁焊条	球408	镍铁合金	石墨型	A	交、直流	球铁、灰铁的焊接抗裂性 好,可代铸308
低碳钢芯铸 铁焊条	铸DF	低 碳 钢	石墨、 合金型	F + P 170~220HRC	直 流	冷焊大型铸铁件

注: 1. Z308、Z408、Z508有时统称镍基铸铁焊条。

2. Z607、Z612, 以及铜管不锈钢芯或铜管镍铬合金芯铸铁焊条, 统称铜铜焊条。

3. 铸铁芯石墨化型铸铁焊条, 目前多为单位自制, 暂时尚未成批生产。

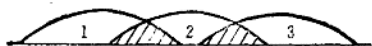


图5-1-8 焊道相互覆盖可减少母材熔入

为提高焊缝切削性能,焊缝表层应施以退火焊道(该焊道的两侧均不与母材接触)。

⑥ 锤击 每段焊完后,立即用细尖头(顶端 $R3\sim R5$ 圆角)的小锤在焊道上连续敲打锤击,锤击要适度、均匀。裂纹一般发生在焊后十秒钟左右,故锤击就必须在这段时间进行完毕。锤击后的焊道表面应以布满密密麻麻的小坑为宜。锤击能减轻焊道的收缩应力,并可使镍基金属结晶细化、韧性增强。待焊道温度降为 300°C 以下时就不再锤击。

⑦ 加热减应区法 铸铁冷焊防裂的措施除了上述的焊前预热与焊后缓冷、选用细径非铸铁型焊条、选用小线能量与合理的焊序、短焊道锤击和裁丝处理等外,还有加热减应区法。

所谓加热减应区法,即在焊件上选择适当的区域进行加热,使焊接区域有自由热胀冷缩的可能,以减小焊接应力,如图5-1-9所示,然后及时施焊。

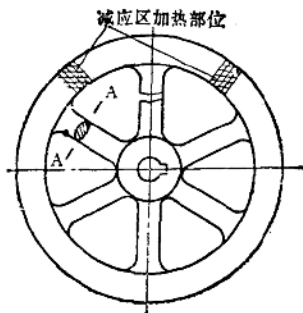


图5-1-9 加热减应区法

减应区的选择原则为:应在阻碍焊缝膨胀收缩的部位;应与其它部位联系不多,且强度较大;该区的变形对其它部位应不产生很大的影响。减应区的加热温度一般不超过 750°C 。

⑧ 焊后处理 焊后应注意保温缓冷,以免冷却速度过快形成白口现象。保温措施是:小工件可用热砂或保温灰覆盖掩埋,大工件则可用石棉布覆盖,若能及时放入回火炉则更好。

为保证焊接质量,焊接场地应选择干热无风

处。箱体类工件的裂纹焊接后最好进行退火或振动时效处理,以减少工件的变形和残余应力。重要箱体焊补后应进行几何精度复核,必要时进行相应的技术处理。

⑨ 焊缝补强 为保证重要工件工作焊缝的强度,焊接后应进行补强。补强方法主要有加焊钢筋法和覆盖钢板法。

加焊钢筋法即在垂直于焊缝方向上焊接钢筋,以通过钢筋把负荷传递到更大区域。加焊钢筋的方法有表面加焊和镶入式加焊法,如图5-1-10所示。

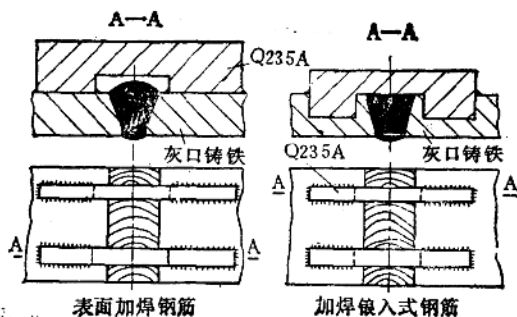


图5-1-10 加焊钢筋对焊缝补强

覆盖钢板法的步骤是先把补焊缝磨平,然后在焊缝两边各覆以钢板,与铸铁母材配钻螺栓孔,把钢板与铸铁件用螺栓联在一起,最后将钢板与母材板的坡口处焊起来。这样,便可使原铸铁的补焊缝受到附加的压应力,从而增加了焊修后的强度,如图5-1-11所示。

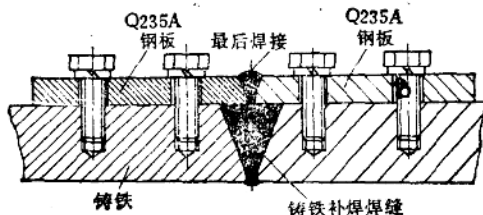


图5-1-11 覆盖钢板法补强

2. 磨损件的焊补修复

我们以车床导轨划伤的焊补工艺为例,叙述磨损件的焊补修复。若用冷焊法通常工艺修复划伤的导轨,在焊后粗打磨加工时,会发现导轨上有较多有时甚至是密集的小圆气孔,这是导轨划伤处吸油

过多所致。导轨虽经除油并且是预热后施焊,但在焊接高温下,油脂又会从母材深处虹吸上来,而冷焊法的冷却速度大,气体来不及逸出而滞留于焊缝中以致形成气孔。为此,除油是个关键。实验可知,采用短段热焊法焊补导轨的划伤部位可圆满解决气孔问题。所谓短段热焊法即是:对将施焊的焊段进行 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的预热,然后趁热施焊,再预热下个焊段 ($600\sim 700^{\circ}\text{C}$),再施焊,依此类推。由于每个焊段长度控制在 $25\sim 40\text{mm}$,且焊前预热温度高,能及时彻底除净虹吸上来的油脂,因此,焊缝磨削后几乎不产生气孔等缺陷。此焊法其它施焊要点与前述的冷焊法完全相同。

短段热焊法修复导轨划伤的分散退步施焊焊序及焊接方向如图 5-1-12 所示。

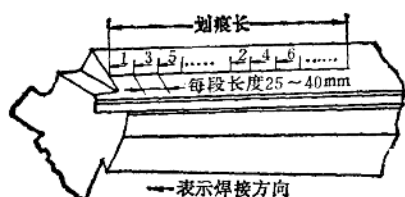


图5-1-12 分散退步短段热焊法示意图

焊补处的精加工宜在导轨磨床上完成。如为现场焊修,则用手动砂轮打磨至平后,用油石精修成形即可。

采用短段热焊法修复工件,工件的整体温度仍较低,故短段热焊法仍属冷焊法范畴。短段热焊法要求气焊工紧密配合,预热和施焊交替进行,再加上锤击、缓冷保温等,操作比较繁冗。另外,由于碳的烧蚀而生成 CO 气体,极易产生咬边现象,这就要求选择的焊接电流要合适,焊接手法、焊条角度、运条方法要正确,以保证熔化金属与母材均匀过渡,焊缝成形美观。

3. 断件的焊接修复

断裂件的焊修工艺是:利用相应手段使原件吻合良好,然后点固焊几处,尺寸和精度符合要求后,其它补焊措施及要点与修复裂缝件相同。值得注意的是,坡口要开一段焊一段,且两面交替进行,切不可贸然地一次把坡口全部开出,那样保证不了尺寸精度。有条件的话可用刚性固定法支持施焊。下面讲述两例断件焊接修复工艺。

(1) 虎钳芯(要求具有较高强度和较好加工性)完全折断的焊接修复 焊修工艺参见图 5-1-

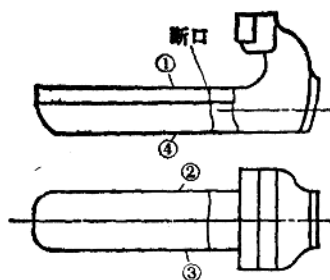


图5-1-13 虎钳芯折断的焊接修复

13。

1) 将工件清洗干净后,在电炉内预热至 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$;

2) 将平面 4 靠在铸铁平板上,将断口合拢复原并夹固,然后将断口四周点焊住;

3) 开 1 面上的坡口(不开通,留钝边 $3\sim 4\text{mm}$),然后用 $\phi 4$ 奥氏体铁铜焊条或 Z100、J507 一类焊条焊好。再开 2 面或 3 面上的坡口,并以同样方法依次焊好;

4) 将 4 面翻朝上,夹固后,开出虎钳芯 U 形断口内面的坡口(必须开到见外坡口上的焊缝金属),然后用同上方法焊好。最后用刨削或磨削进行加工。

(2) 承受强烈冲击负荷的大型厚壁铸铁件严重断裂的冷焊修复 这类零件如 100 t 冲床曲轴前孔裂成三瓣的焊接修复;剪切 13mm 钢板用的冲剪机装置刀板的大梁完全折断的焊接修复;160 t 和 200 t 摩擦压力机锤头严重裂损的焊接修复等等。现以 100 t 冲床曲轴前孔裂成三瓣的焊接修复为例,参见图 5-1-14。

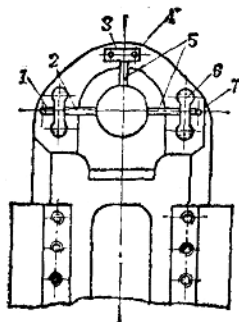


图5-1-14 100 t 冲床曲轴前孔破裂的焊接修复
1—焊缝 2、5—裂纹 3—加强板 4—锥形槽
6—扣合销 7—止裂孔

为使焊缝承受强烈的冲击负荷, 焊缝强度应同于或大于母材强度。这就要求焊缝具有很好的焊接质量, 并且还须采取机械加强的技术措施。较好的方法是采用热压半圆头扣合键与焊接相结合, 如图 5-1-15 所示。这种工艺方法由于键和键槽的加工比较容易, 使用比较可靠, 能收到较好的效果。热镶这种键的主要作用, 是让键代替焊缝承受很大一部分负荷, 并把这种负荷传递到受力比较有利的母材上去, 同时键在焊缝上起了一个“老树板”的作用, 让焊缝生在它上面, 得到很大的加强, 并且不易形成裂纹。

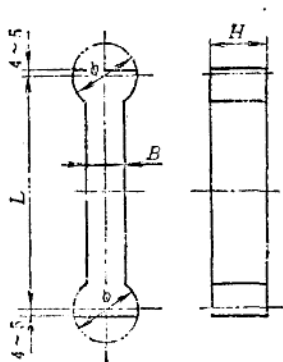


图5-1-15 半圆头扣合键

现将冷焊修复方法说明于下, 参见图 5-1-16:

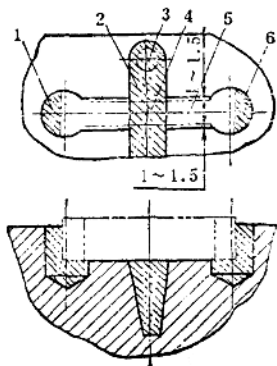


图5-1-16 加扣合键的焊接修复

1、2、6—焊缝 3—止裂孔 4—裂纹 5—扣合件

1) 找出所有裂纹(用煤油浸湿裂纹部位后用氧乙炔焰烤的方法)及其端点位置。

2) 钻止裂孔(钻至无裂纹处为止)。

3) 根据裂纹处的具体位置, 初步拟定键的外形尺寸及断面尺寸, 然后根据裂纹长度、深度、铸

铁壁厚、铸铁材料牌号及其强度, 及冲床最大工作负荷等条件, 验算键的断面尺寸, 要求键断面所能承受的负荷应大于或等于工件键槽处的断裂面所能承受的负荷。选键材料为 45 号钢(因 45 号钢比 40Cr 使用方便, 只要加热到要求的温度便可镶入键槽, 而 40Cr 加热方法较难掌握, 而且加热需要保温, 否则一打就碎)。

4) 在与裂纹成垂直的适当位置, 按确定的键尺寸, 划键槽加工线, 注意要使键的两个半圆头对称于裂纹。

5) 加工两个键槽(可用小悬臂钻床加工)。

6) 开出键槽底面上的裂纹坡口。

7) 用 $\phi 4$ 奥氏体铁铜焊条或 Z408、Z308 焊条焊平键槽底面上的裂纹坡口, 并同时焊平加工键槽圆孔时遗留下来的钻坑。焊完后, 将两处的焊缝铲至与键槽底一样平滑。

8) 计算键两半圆头中心距的实际使用尺寸 键槽两圆孔的中心距为 223.5mm, 当把键加热至 850°C(暗红色)时, 键圆头中心距膨胀后的长度也应为 223.5, 则实际使用尺寸 L_0 可按式计算:

$$L_0 = \frac{L}{1 + \alpha t}$$

式中 L ——键加热后膨胀至总长度(mm);

α ——键材料膨胀系数(1/度);

t ——温差(°C)。

将以上数据代入则得:

$$L_0 = \frac{223.5}{1 + 0.000110(850 - 20)} = \frac{223.5}{1.009} \approx 221.3 \text{ mm}$$

9) 制造扣合键。

10) 热压扣合键 将键在盐炉(或电炉)中加热至 850°C 后, 马上放在键槽中, 用大锤打下去。

11) 将键焊死在工件上 将装键后空剩下的半圆形孔, 用交叉、分散的焊法(即轮换着焊)填满(采用焊条同前), 然后空出键圆头上承受夹紧力的部分(不开坡口也不焊), 而将其余部分开一段坡口焊一段(这样做可不影响键的夹紧效果), 一直焊至与键齐为止。

12) 沿其余未焊的裂纹开坡口(可用长把钻头和长柄立铣刀在小摇臂钻床上开) 坡口尺寸应以将裂纹完全除尽、焊接操作方便、焊的少, 并能保证焊缝强度为原则。

13) 用氧乙炔焰将焊缝部位及其附近加热至

50~60℃, 然后按图 5-1-6 所示的焊接顺序轮换焊接所有的坡口(共三处)。由一个人专门在熄弧后立即锤击焊缝(先用长方形冲子快速地普遍冲击, 后用圆锥头冲子仔细锤击)。工件温度不应大于 60℃, 焊缝不允许存在任何大小裂纹及其它任何明显的焊接缺陷。工人休息时, 工件要盖上保温材料以缓冷。这样, 直到把坡口焊满为止, 最后把止裂孔焊死。

14) 镶加强板 将曲轴前孔正上方的焊缝铲平, 并用手动砂轮机磨光, 镶上如图 5-1-17 所示的加强板(因为该处裂纹较轻, 并且位置受限制)。加强板用 10 号钢制成, 厚度为 20mm。在加强板上装置两个 $\phi 18\text{mm}$ 的锥销, 锥销的下端应进入铸铁 25~30mm, 然后将加强板用上述方法焊在母材上, 如图 5-1-18 所示(先在母材上焊一层焊缝, 然后再把加强板和已焊焊缝联起来焊), 最后, 将锥销端头焊死在加强板上。

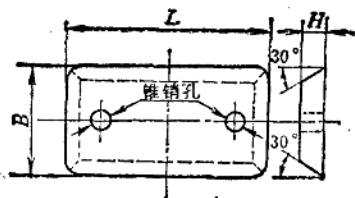


图5-1-17 加强板

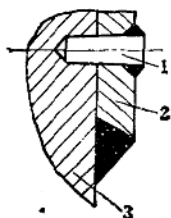


图5-1-18 加强板的焊接
1—锥销 2—加强板 3—工件

15) 分别将每个焊缝的交接区用手动砂轮打磨光, 仔细检查有无裂纹及其它缺陷。没有问题后, 再把曲轴孔放平, 用手动砂轮打磨曲轴孔的焊缝, 在接近打磨光时, 在孔中的焊缝上涂红丹粉后用样板的圆弧面摩擦焊缝, 找出凸高显示点来, 然后把显示点磨去, 用此法直到把焊缝加工至和原来孔表面一样平滑, 且尺寸合格为止。

16) 装配试车 经手动试车无问题, 才逐渐地

加负荷试车, 直到将负荷加到原设计值, 冲压 20 件以上无问题为止。

4. 残缺铸铁件的焊补修复

残缺不全是铸铁件损坏的常见形式, 应根据不同情况进行相应处理。

1) 对于无加工要求的工件, 允许用相应的铸铁或低碳钢材料制成缺掉部分的形状(俗称补块)后开好相应坡口, 然后进行镶补。因补块是碳钢的, 所以以奥氏体不锈钢焊条施焊为宜, 其施焊方法应遵守冷焊要点。

2) 对焊后有切削加工要求的铸铁件, 应尽量采用铸铁补块, 用 Z 408 或 Z 508 焊条施焊, 并在表面堆焊足够后进行退火处理, 最后将焊道大致打磨平整后机械加工成形。

3) 对残缺较大, 且残缺位于角隅的铸铁件, 应进行裁丝处理后, 再冷焊修复。图 5-1-19 的螺钉孔缺口的焊补工艺如下:

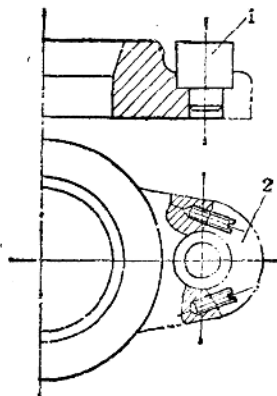


图5-1-19 螺钉孔缺口的焊补
1—紫铜或石墨模芯 2—缺口

- ① 首先在垂直于断面的中心位置裁丝。
 - ② 用紫铜或石墨棒按螺孔配车好塞棒。
 - ③ 用 Z 508 或 Z 408 焊条在与塞棒接触的坡口边缘焊一层。
 - ④ 按冷焊法或短段热焊法堆满后打磨成形。
 - ⑤ 拔出塞棒, 打磨螺孔内径成形。
- 4) 对中间碎掉一个大洞的铸铁件采取的修复措施如下:

① 将四块低碳钢板制拼成碎落掉的形状, 钢板厚为铸铁件的 $1/3$, 在拼接对口时要考虑焊接收缩的影响。如图 5-1-20 所示, 邻近铸铁部分的补

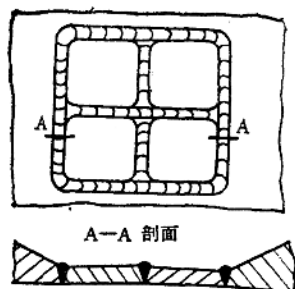


图5-1-20 铸铁件补大洞镶钢板示意图

块应加工成斜坡, 逐渐减薄形成过渡区, 这样能减少应力集中。

② 铸铁与钢板的连接焊缝, 用 Z117 等焊条在铸铁面上用短弧施焊打底挂面。

③ 用 Z408 或 Z308 焊条将挂面焊道与钢板焊接起来, 也可用不锈钢焊条。施焊时, 焊段长度控制在 30mm 左右, 超过这个长度就应移动位置改变焊接方向, 如图 5-1-21 所示。

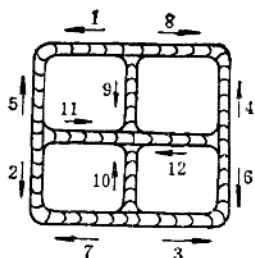


图5-1-21 铸铁件补洞镶钢板焊接顺序示意图

④ 两块钢板之间的焊缝最后再焊, 焊条选用 J422 焊条即可。

5. 水密性铸铁件的焊接修复

以 M3180 磨床床身的焊修为例, 叙述水密性铸铁件的修复工艺。该床身因铁粘砂渗漏严重, 影响主轴润滑, 焊修的重点是保证水密性需要, 焊修工艺如下:

1) 将渗漏部位查清, 并画出区域。

2) 将打磨泄漏区直至露出金属光泽。由于原铸件铁粘砂严重, 所画区域仅是最严重的部位, 因

此根本不能达到完全无粘砂现象。

3) 用 Z117 焊条以频繁引弧的方式点焊渗漏部位的边界线, 然后及时锤击 (锤击要轻), 将各圆球形熔滴锤扁, 使之相互尽量搭接。

4) 最后用 Z408 焊条进行盖面焊。每段焊接长度也不要过长, 以 30~40mm 为宜。

5) 按冷焊要点施焊完毕后, 将焊缝, 尤其是焊缝边缘打磨干净, 发现吻合不良处进行补焊, 然后再打磨, 不中意则再补焊, 直至满意为止。

6) 试水, 如稍微有些渗漏, 则查明其部位, 用錾子等捻冲, 直至满意为止。若渗漏仍较严重, 将焊补区通盘打磨干净, 用丙酮去除油脂 (擦拭至脱脂棉不变黑为止), 然后涂敷一层胶粘剂, 注意焊缝边缘与母材的交界处胶膜要成形良好。为使胶液浸润良好, 冬季施工最好用小热风机吹拂, 使其在 25~60℃ 温度内固化成膜。

第2节 铸铁件的钎焊修复

采用比母材熔点低的金属材料作钎料, 将焊件和钎料加热到高于钎料熔点、低于母材熔点的温度, 利用液态钎料润湿母材, 填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接焊件方法叫钎焊。钎焊分为硬钎焊和软钎焊, 钎料熔点高于 450℃ 的钎焊称为硬钎焊, 而钎料熔点低于 450℃ 的钎焊则叫软钎焊。机修中常见的有铸铁件的黄铜钎焊 (硬钎焊) 和铸铁导轨的锡铋合金钎焊 (软钎焊)。

(一) 铸铁件的黄铜钎焊修复

小型铸件或大型铸件的局部修复往往采用黄铜钎焊。钎焊过程中, 利用氧炔焰加热, 因母材不熔化, 接头不会产生白口组织, 不易产生裂纹。黄铜钎焊的缺点是钎料与母材颜色不一致。

下面, 以铸铁拨叉为例, 说明黄铜钎焊的堆焊修复过程:

1) 去除待焊部位的疲劳层、油污、铁锈等, 最好是将其打磨光亮。

2) 选 HS 221 (丝 221)、HS 221 (丝 222) 或 HS 224 (丝 224) 或 HL 103 (料 103) 等为钎料, 该钎料熔点 860~890℃。

3) 选无水硼砂或硼砂与硼酸混合物 (成分各半) 作钎剂。

4) 选用较大的火焰能率, 以弱氧化焰进行堆

焊钎焊。注意焊前要先将工件表面的石墨烧掉。

5) 要留有足够的加工余量, 钎焊后进行成形加工。

(二) 导轨划伤的钎焊修复

铸铁导轨里含有大量的片状石墨, 它们对钎焊有阻碍作用, 影响母材的润湿和流布。为此, 用快速无槽化学镀铜的方法, 在洁净的导轨划伤部位沉积一层薄薄的铜层 ($0.02 \sim 0.05 \text{ mm}$), 可保证钎料牢固地焊在导轨面上。钎焊钎料有铜合金、银合金、锡基轴承合金、锡铋合金等, 其中锡铋合金是在轴承合金的基础上发展而来。因锡铋合金有冷胀作用, 对划伤表面的钎焊效果最佳。其具体工艺如下:

1. 无槽化学镀铜工艺

1) 镀铜液的配制

① 1号镀铜液 配方为浓盐酸 30%; 锌 (Zn) 4%; 硫酸铜 (CuSO_4) 4%; 蒸馏水 62%。配制方法是按重量比将上述成分分别称好后, 先把锌加入浓盐酸中, 待全部溶解后, 加入硫酸铜, 用玻璃棒搅拌均匀后把蒸馏水加入, 再搅拌均匀即可。

② 2号镀铜液 配方为硫酸铜 (CuSO_4) 75%; 蒸馏水 25%。配制方法是, 按重量比将上述成分称好后, 把硫酸铜加入蒸馏水中, 搅拌后, 硫酸铜只要溶解约 80% 左右即可使用 (硫酸铜不加热不会完全溶于蒸馏水中, 但加热后的硫酸铜水溶液, 对金属的腐蚀性较大, 故一般不加热)。

2) 镀铜操作

① 把需要镀铜的表面用煤油粗洗一遍, 再用丙酮擦洗, 并用细砂布打光, 然后用细钢丝刷反复擦拭以清除掉表面上的石墨粉, 最后用丙酮擦洗至脱脂棉不变黑时为止, 使待镀铜表面真正露出金属光泽, 并无油污。无油的标志是: 滴上清水时, 水珠立即摊开, 不形成细小水珠。

② 用新脱脂棉蘸浸 1号镀铜液, 反复涂擦待镀铜表面, 接着用同样方法涂擦 2号镀铜液。根据要求的镀层厚度决定涂擦的次数, 要求的镀层越厚, 则涂擦的次数应越多。但该法所镀铜镀层厚度最多仅 0.05 mm 左右, 再多镀层就会因腐蚀性增大而脱落。

③ 铜层镀毕, 待自然晾干后即可用铜丝刷刷去铜层上的白灰, 并查看镀层是否脱落。无脱落现

象, 则镀层质量合格, 否则应重新另镀。

若不在待镀工件上先涂 1* 镀铜液, 而直接涂 2* 镀铜液则得到的镀层不牢固, 用脱脂棉一擦即掉。总起来说, 先涂 1* 镀铜液的作用有三: 一是酸洗作用; 二是弱腐蚀作用, 使工件表面稍微粗糙; 三是预镀打底的作用。由于酸洗与预镀是同时进行的, 所以工件表面被氧化的可能性大大减少。

无槽化学镀铜这一过程也可用电火花强化机以紫铜为电极来完成, 质量更为可靠。

2. 锡铋合金钎焊工艺

1) 锡铋合金焊条的制作 焊条的配方重量比为: 锡 (Sn), 55% (密度为 $7.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 熔点为 231.85°C); 铋 (Bi), 45% (密度为 $9.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 熔点为 271°C)。按配比重量分别称取锡与铋后一起放入铁制容器内, 加热至完全熔融, 然后迅速注入倾斜放置的角钢槽内 (角钢槽预先要除油除锈) 冷凝后, 便成断面为三角形的条状焊条。

2) 焊剂的配制 取氯化锌 (ZnCl_2) 36%, 氯化亚锡 (SnCl_2) 54%, 再加上两者总重量三倍的蒸馏水, 用玻璃棒搅拌至完全溶解后即可使用。

3) 钎焊操作

① 将 $500 \sim 800 \text{ W}$ 电烙铁接上电源使之预热, 如无电烙铁, 则将自制的紫铜烙铁 (图 5-2-1) 用氧炔焰的中性焰进行加热至 300°C 左右。

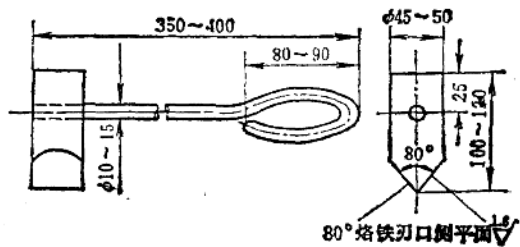


图5-2-1 钎焊用紫铜烙铁

② 将焊剂涂于钎焊处。

③ 用烙铁切下少量焊条涂于施焊部位, 并用烙铁的侧刃口轻轻压住, 趁焊条在熔化状态时, 迅速地在镀铜面上往复移动涂擦, 至整个镀铜表面均匀地焊上一层较薄的焊料。最后将已焊上去的焊料重新熔化和整理一遍, 直至焊缝表面平整光滑为止。

表5-2-1 锡铋合金钎焊常见缺陷的原因及排除方法

缺陷种类	产生原因	排除方法
焊不牢及焊不上	1. 锡、铋原料不纯 2. 焊接温度过高 3. 镀铜质量不合格 4. 清洗不净 5. 第一层挂面焊质量不好	不得用焊锡代替纯锡 工件冷至室温再焊 1* 镀铜液尽量少用即少涂几次, 注意剔除剥有的余碳, 或改用电火花强化机镀铜 彻底除去油脂, 以丙酮擦拭至脱脂棉不变黑为止 第一层挂面要薄而均匀, 操作要认真、适当
气孔	1. 烙铁温度过高 2. 钎焊速度过快	严控烙铁表面温度在 350℃ 以下, 工件温度控制在 35~40℃ 以下 认真整理焊缝, 缓慢进行钎焊以利气体逸出
黑 浆	1. 烙铁过热 2. 焊剂激烈蒸发	控制工件温度及烙铁温度 出现黑浆后必须彻底剔除掉, 从头开始
烙铁烧蚀	1. 烙铁表面因粘上钎料而熔融 2. 烙铁表面不平整	每次焊毕刮净烙铁表面至平 焊毕, 将烙铁头浸蘸酒精洗净

④ 焊好后, 空冷至室温, 然后进行刮削或磨削加工至要求。

3. 锡铋合金钎焊的缺陷及排除方法

锡铋合金钎焊修复工艺及装备简单, 可进行现场修复; 由于作业温度低, 工件无变形, 焊后易于加工。但是如不认真操作, 也会产生缺陷。常见缺陷产生原因及排除方法见表 5-2-1。

第 3 节 钢制零件的焊接修复

(一) 概述

机修中, 需要焊接修复的钢制机械零件的主要是:

- 1) 违章作业的事故件,
- 2) 设计不合理或长期受交变载荷作用的零件, 大型铸锻设备中产生的疲劳裂纹的厚大件。
- 3) 在零件加工过程中, 因各种原因造成尺寸超差而又允许进行补救的回用件。

4) 为恢复名义尺寸而必须堆焊修复的正常磨损件。

在日常修复中, 磨损件数量最多, 破断件居次, 回用件间或有之, 厚大件偶而出现, 但往往属急性及关键件零件, 必须认真对待。焊接修复时经常遇到的困难是:

- 1) 焊修件一般多为工作力的传递件, 材质为

优质碳钢、低合金渗碳钢、中碳调质钢、低合金高强度钢等, 碳当量均较高, 故可焊性不良。

2) 磨损件的原表面状态一般都经过热处理, 硬度较高。焊修时, 如不进行相应的预热及后热处理, 势必满足不了工艺需要。

3) 由于是旧件修复, 除需焊修部位外, 其余部位的几何精度仍很高, 而焊接热的循环极易令其变形超差。此外, 如对非焊修部位保护不善, 极易因焊滴飞溅、电弧划伤而使其致废。

4) 厚大件破裂的修复困难较多, 有复位困难, 去除残余应力困难, 有的部位因狭窄而使施焊操作也困难。

总之, 焊修的技术困难较多, 其它诸如焊工对焊修工艺及手法的陌生, 对操作规程及工艺守则的似是而非的态度, 同样不容忽视。

(二) 钢件焊接修复工艺措施

如前所述, 由于焊接修复的特殊困难, 故有其固有的焊接特点, 针对具体零件也应有其独特的针对性措施。但概括起来, 通用的工艺措施如下:

1. 焊前检查和焊前准备

焊前要全面了解工件的工作状态、破损原因, 破损部位的形状尺寸, 必要时还要对工件进行测绘及计算。对裂缝一定要找出裂源, 以便治根除本, 对症下药。

焊前准备即把焊修部位预先进行脱脂去锈，并去除疲劳层，使之漏出金属光泽；对非焊修部位进行可靠的屏蔽防护；对易变形的工件放平垫好，有的还应采用浸水散热法；对施焊处狭小不便引弧的要设引弧板；开敷合适的坡口，对断裂件要精确复位的同时，注意尽量避免存有过的拘束应力，对碳当量高的材料必须进行合理的预热，预热温度见表 5-3-1。

表5-3-1 焊接修复件预热温度荐用表

母材碳当量 (%)	推荐的预热温度 (°C)
<0.40	25~100
0.4~0.55	100~200
0.55~0.65	200~250
>0.65	250~350

注：碳当量计算公式：

$$C_{Eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

2. 选择最佳焊修方案，严守工艺操作规程

同一工件，往往有几个不同的焊修方案，这就需要权衡利弊，根据工况及条件，优化选择一个最佳方案，以求获得完美的焊修质量并获得最大的经济效益。

根据不同工况，选择相应的焊接材料和焊接方法。常用的焊接修复手弧焊焊条的性能及规范见表 5-3-2。焊条用前必须按说明书要求进行烘干，然后置于保温筒中，随取随用，注意不得多次反复烘干焊条。

磨损件的堆焊，要尽量降低稀释率，这是堆焊工艺的重要工艺守则。此外，注意使硬相结晶方向垂直于堆焊层，控制线能量要小；多层焊时，底层的线能量宜大些，以增加焊修层的韧性；层间焊及接续焊温度应控制在 60°C 左右。

对磨粒磨损的工件，焊修时要做到使表层焊道方向与磨粒运动方向平行。

对摩擦磨损的工件，因相同或相似材料之间的

表5-3-2 几种常用堆焊焊条

序 号	堆 焊 合金类型	合 金 系 统	堆 焊 金 属 化 学 成 分 (%)							
			C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	其它
1	低 碳	1Mn3Si	~0.15	≤3.5	≤1.5					
	低合金钢	2Mn4Si	≤0.30	≤4.5	≤1.5					
2	中 碳	3Cr2Mo	0.31~ 0.6			≤2.5		≤1.5		
		4Cr2Mo	0.31~ 0.6			≤2.5		≤1.5		
	低合金钢	5Cr3Mo2	0.31~ 0.6			≥0.3		≤2.0		
3	高锰钢	Mn13Mo2	≤1.2	11~16				≤2.5		≤1.00
4	高速钢	W18Cr4V	0.7~ 1.0			3.8~4.5			17~19	V: 1.0~1.5 P: ≤0.04 S: ≤0.035
5	钴基合金	Co基Cr30W5	0.7~1.4	≤1.0	≤2.0	26~32	—	Co余量	3~6	Fe≤2
		Co基Cr30W8	1.0~1.7	≤1.0	≤2.0	26~32	2~4	Co余量	7~10	Fe≤2
		Co基Cr30W12	1.7~3.0	≤1.0	≤2.0	25~33	≤4	Co余量	11~14	Fe≤2

摩擦最大,故制定焊修工艺时要求焊接材料避免含有两摩擦件所共溶的元素,以免产生粘着现象,使焊修效果变坏。

对大面积堆焊件,后面的焊道要往前面的焊道压入,重迭幅度以 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 为宜,以求焊缝光滑平整,减少母材熔入量。

对表面要求硬度较高的堆焊件,除选择合适的焊条外,还应严控焊缝冷却速,避免高温停留时间太长,必要时采用压缩空气强制冷却及水浸工件(焊接部位除外)散热法,以避免过大变形和获得硬相工作表面。

焊缝要求具有调质硬度的堆焊件,施焊的最后,要追加退火焊道,该焊道的两缘均不与工件母材接触,以获得良好的机械加工性能,当然,焊条的选择及线能量的选择均要匹配。

堆焊后要求进行整体热处理的工件,为保证焊缝的碳当量(以求可淬硬性),必须选用相应的焊

接材料,如D172、J857等。

对易变形的工件,要采用空冷或水冷散热法,施焊时要采取短段间歇、退步对称、短道锤击的措施,并要合理安排焊序。

对淬硬倾向大、可焊性不好的材料的焊修,应注意充分利用过渡层,即先用塑性韧性好的焊条(如奥氏体不锈钢焊条)打底层,以防剥离。

对厚大件的焊修,要用短段多层退步施焊法,注意焊根要透,焊缝要够,平滑过渡,要进行消氢处理和去应力处理(如温差拉伸、锤击、振动时效)等。

3. 焊后冷却和焊后热处理

焊接线能量的大小及焊后冷却速度的快慢,决定着熔敷金属的硬度,而焊后热处理能有效地克服脆性,提高堆焊层的韧性,因此,正确控制焊后的冷却速度及适时进行焊后热处理,是提高焊修质量的关键。这方面需要根据不同要求,具体问题具体分析,注意总结经验积累技术数据,以便克服盲目

的性能及堆焊规范

堆焊层硬度 (HRC)	焊条牌号示例	焊条烘干温度 (°C)	工件预热温度	电源及 极性选择	备 注
≥22	D107 (堆107)	250	大件200°C除油去锈	直流反接	用于低、中碳钢
≥30	D127 (堆127)		大件300°C除油去锈		
≥30	D132 (堆132)	150	大件300°C除油去锈	交直两用	堆焊齿轮等工件磨损面
≥40	D172 (堆172)	150			
≥50	D212 (堆212)	150			
HB≥130	D266 (堆266)	250	去除疲劳层并焊后水韧处理,通风要良好	交直两用	破碎机受冲击
60~65	D307 (堆307)	250	小件预热300°C	直流反接	堆焊磨损的刀具或在中碳钢坯体上堆焊刃口
			大件预热600°C		
≥40	D802 (堆802)	150	小件200°C预热	交直两用	较小冲击的磨损面
≥44	D812 (堆812)	150			
≥50	D822 (堆822)	150	大件500°C		

性,增加可靠性。

4. 焊后检查及机械加工

焊修毕,将施焊部位打磨光滑至平,然后对照图纸技术要求全面进行检查,以鉴定焊修效果并做出结论。质量不合格的可重新返修。

硬度较高的堆焊层的加工,一般需用碳化硅刀具,进给量要小,速度要慢,主切削刃不要倾斜,加工圆柱面回转类零件时,刀具应置于中心线以下。若需进行磨削加工,则选用绿色碳化硅砂轮,粗磨用粒度20~60号砂轮,精磨用粒度100号以下的砂轮。砂轮要勤修整,保持砂轮锋利。硬度较低的堆焊层的铣削加工时,进刀方向应注意与焊道方向呈一定角度。手工打磨时亦然。

(三) 修复实例

1. 离合器楔牙(渗碳淬火件)的焊接修复

X63W型万能铣床离合器扇形楔牙的两侧工作面磨损,工作时互相打滑,不能正常传递扭矩,需进行焊接修复。扇形楔牙的材料牌号为20Cr,经渗碳淬火(渗碳深度0.9~1.2mm),硬度为HRC56~62,各主要配合面的精度为二级。

焊接修复磨损的楔牙齿常用二种方法,即水浸法气焊修复和手工电弧焊耐磨堆焊法,下面分别进行介绍。

(1) 水浸法气焊修复

1) 用手动砂轮磨掉已磨损了的疲劳层,使其露出金属光泽,再用丙酮去除油脂。

2) 将零件浸入水中,只露出楔牙的待焊部分。注意盛水容器不可太小,内孔的水也不能被垫铁阻隔为死水,以免影响散热及冷却。参见图5-3-1。

3) 选 $\phi 3\text{mm}$ 的65Mn钢丝为焊丝,焊前火烤除油;选用H01-6焊炬的适当焊嘴;以粉301(无水硼砂)为焊剂;选取中性火焰,焊炬倾角尽可能保持在 $70^\circ\sim 90^\circ$ 之间。

4) 焊补楔牙时,注意要对称施焊,焊接速度在保证质量的前提下稍快些为好。堆焊焊缝的加高量为0.6~1.5mm,以备修整。

5) 每焊完一个楔牙齿后,立即将该齿全部均匀加热至 850°C (亮樱红色)左右进行正火,然后迅速涂一层硼砂加以保护。

6) 待所有楔牙齿全部焊补完毕并正火处理

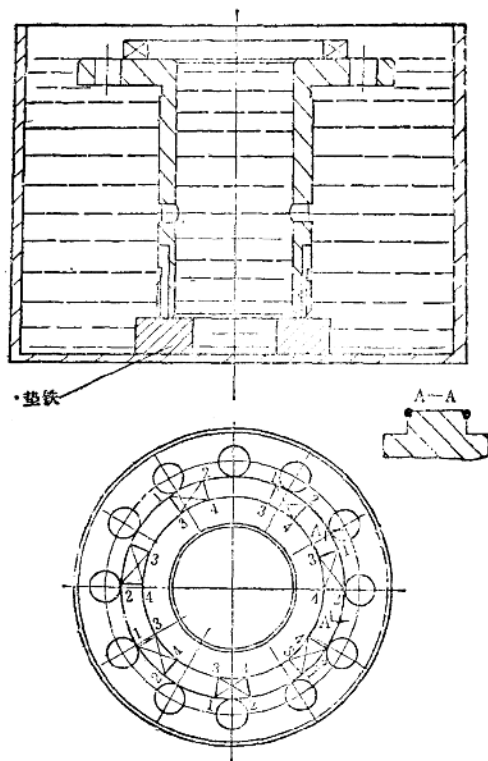


图5-3-1 楔牙离合器焊修楔牙示意图

后,再逐齿进行火焰淬火。淬火温度为 $780\sim 800^\circ\text{C}$ (樱红色)左右,油冷却,油温宜在 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 左右。如采用水冷,应取淬火温度的下限。

7) 淬火后的零件应立刻放入炉温为 $80\sim 100^\circ\text{C}$ 的电炉中保温一小时,进行低温回火处理,以便提高零件的韧性。

8) 工件冷至室温后,用手动砂轮粗磨,注意应留有0.5mm的精加工余量,然后检查(最好用放大镜观察)有无焊接缺陷,如发现有微裂纹,应重复上述步骤补焊好为止。粗磨至平的工作就可进行硬度检查,如发现硬度不足或脆性太强时,可对楔牙齿进行正火后,再重新进行火焰淬火,直至满意为止。

9) 硬度符合要求的工件便可送到外圆磨床或工具磨床上按图纸要求加工齿型。

水浸法气焊修复楔牙工艺简单、方便灵活,工件基本上不变形,可保证工件应有的力学性能。

(2) 手工电弧耐磨堆焊修复

1) 用手动砂轮打磨掉楔牙上的疲劳层,使其

露出金属光泽, 然后进行 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的预热。注意去脂除油只限于焊部位。

2) 选用细径 ($\phi 3.2\text{mm}$ 以下) D822 (堆 822) 焊条, 且事前进行 $150\sim 200^{\circ}\text{C}\times 1\text{h}$ 的烘干。用石棉布屏蔽工件非焊处。

3) 设置紫铜引弧板。先焊楔牙的四个角 (如图 5-3-1 的 1、2、3、4 位置), 每点焊毕, 立即趁焊缝温度在 $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ 时锤击, 并清除熔渣。然后分别交叉地将每个楔牙侧面两顶角之间堆焊填满 (即图 5-3-1 的 1 到 3、2 到 4 之间), 并及时锤击焊缝、清除熔渣。

4) 待每个楔牙堆焊完毕并留有 $2\sim 3\text{mm}$ 加工余量, 趁红热状态时, 立即用压缩空气强制冷却, 这样可稍许提高其硬度。待冷至 200°C 以下 (或室温后) 送入 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的回火炉中随炉缓冷。

5) 工件冷至室温后出炉, 粗磨堆焊处至平, 留足精加工余量, 检查有无焊接缺陷, 如有气孔、裂纹, 则重新按既定工艺补焊至满意为止。

6) 送相应机床加工成型。用该法修复的楔牙硬度为 HRC 50~55。

7) 为防止熔滴飞溅, 可将工件置于水槽中进行手工电弧焊修复。

用手工电弧焊修复方法简便易行, 只是有时细径焊条难觅, 用稍粗焊条则操作困难, 且因粗径焊条线能量大而降低焊缝硬度, 也应引起重视。此外, 手工电弧焊时引、收弧困难, 应同时设置引弧板及收弧板, 以免弧坑裂纹及气孔影响焊修质量。

2. 精密及大型轴类零件 (调质处理) 的手工电弧焊修复

在机修中, 经常遇到各式各样的轴类零件需要修复, 有的是局部被磨损 (如花键部分, 或螺纹部分, 或与轴承配合的轴颈部分), 有的是备件制造加工过程中出现的超差亏损, 有的是大型轴件的精密加工表面在运输过程中受到严重损伤, 或是在工作中由于事故造成的严重断裂, 还有的是精度很高的机床主轴与滑动轴承配合的轴颈表面由于“抱瓦”退火后引起的局部裂纹等等。这类零件的共同特点是:

1) 具有较高的几何精度, 而且大都是成品旧件, 没有加工余量。

2) 材料大都是中碳钢 (有少部分是合金结构钢), 一般都经过一定的热处理 (常化或调质), 有的还有较高的硬度要求。

3) 结构上“长径比”较大。

由于上述特点, 在焊接修复技术上有许多困难, 如以中碳钢制成的轴型零件而言:

1) 由于零件材料中的含碳量较高, 所以在焊接过程中容易产生淬火脆性组织, 加上在较大的收缩应力作用下, 在临近焊缝区很容易形成冷裂纹。同时由于含碳量高, 在一次结晶组织的情况下, 焊缝容易产生热裂纹。

2) 由于材料中含碳量较高, 在焊接时碳易向熔池过渡, 当熔池脱氧不足时, 氧化亚铁与碳相互作用所产生的一氧化碳气体来不及逸出, 而造成气孔。若气孔较多, 就会大大削弱焊缝强度。

3) 零件材料的膨胀系数较大, 结构上“长径比”也比较大, 在不均匀的焊接热影响下, 很容易引起弯曲变形。而变形后, 一般都较难于校正复原。

下面就摸索出的电焊修复各类精密轴型零件的工艺方法介绍如下。

(1) 300HBS 以下的 45 号钢精密轴型零件的堆焊修复

1) 焊接修复技术要求

① 焊后必须保证零件不变形, 切削加工后几何精度与原设计一致。

② 焊缝强度必须与母材强度相等, 或相近于母材强度; 不能存在明显的焊接缺陷, 如气孔、裂纹、夹渣和未焊透等。

③ 焊缝硬度必须满足原设计要求, 或稍高于原设计硬度, 但要保证能够进行切削加工。

2) 焊条的选用 在保证焊缝强度及硬度综合要求的前提下, 采用的焊条应有利于减少焊缝的含碳量及氢的来源, 并有利于减少母材的熔入量。同时, 还应使工件在焊接过程中受热最少, 避免引起变形。即选用焊芯为低碳钢丝 (08), 直径较细, 药皮中含碳很低, 并含有相当的强脱氧剂“钛”及氧化性较小的一种低氢型涂料的焊条 (如 J507)。

经过多次试验及长时间的生产实践, 选用下述的“中碳堆焊焊条”堆焊修复这类零件效果较好。这种焊条在提高脱氧性能、消除因电阻大焊接时易发生粘住和烧坏等方面, 均有所改进。

3) 中碳堆焊焊条的制作

① 焊芯材料: 08 号钢丝;

直径: $\phi 1.6\text{mm}$ 及 $\phi 2\text{mm}$;

长度: $\phi 1.6\text{mm}$ 的为 $180\pm 3\text{mm}$;

$\phi 2\text{ mm}$ 的为 $200 \pm 3\text{ mm}$;
全长内的弯曲度不大于 0.2 mm 。

② 药皮配方见表 5-3-3 所示。

表5-3-3 中碳堆焊焊条的药皮配方

药粉名称	配比 (%)	粒度 (孔/厘米 ²)
大理石	53	2500~3600
萤石	17	1040~1600
石英	9	1040~1600
硅铁 (含硅45%)	3	763~918
锰铁 (高碳的)	5	763~918
钨铁	13	763~918
粘土 (外加)	1	1600

水玻璃 (钠水玻璃, A 型, 密度 = $1.36 \sim 1.38\text{ g/cm}^3$),
每公斤干混合料加入 $500 \sim 520\text{ g}$, 最好是按浸涂两次达到要
求的药皮厚度而附加

也可以用钾钠水玻璃混合物, 密度 = $1.28 \sim 1.30\text{ g/cm}^3$

③ 药皮外径尺寸:

$\phi 1.6\text{ mm}$ ——药皮外径为: $\phi 2.5 \sim \phi 2.7\text{ mm}$;

$\phi 2\text{ mm}$ ——药皮外径为: $\phi 3 \sim \phi 3.3\text{ mm}$;

烘干规范及制作的具体方法和要求, 均同于
“奥氏体铁铜焊条”。

4) 焊接方法

① 焊接方法及焊条尺寸根据工件的堆焊要求
及结构、精度、刚性、热处理状态等情况来决定。
工件直径较小 (在 $\phi 50\text{ mm}$ 以下)、刚性较小 (长
细比较大)、精度较高时, 选用 $\phi 1.6\text{ mm}$ 的“中碳
堆焊焊条”; 工件直径在 $\phi 50\text{ mm}$ 以上、刚性较大
时选用 $\phi 2\text{ mm}$ 的“中碳堆焊焊条”。

② 将整个零件清洗干净, 堆焊部位最好用丙
酮精洗, 彻底除尽油污。

③ 用破布或石棉绳将堆焊部位邻近的轴表面
包扎好, 以免熔化金属飞溅到上面去。

④ 将工件浸泡在盛满冷水的铁质容器中 (最
好是长方形的铁皮制成的铁盆), 工件架在适当高
度的 V 形垫铁上, 应能任意沿圆周方向转动。将要
堆焊的部位局部露出水平, 并且置于水平位置。

⑤ 为了使工件受热少, 采用直流反极性电
源。为了减少氢的来源, 焊前应将焊条充分烘干
(放在 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 的电炉中烘焙 $30 \sim 60\text{ min}$)。

⑥ 为了尽量减少母材的熔化量, 使工件受热
少, 在保证能焊透的情况下, 应尽量采用较小的电

流值 (一般比焊低碳钢小 $10\% \sim 15\%$), 同时焊接
速度应尽量快些。堆焊圆柱形表面 (非花键) 时,
应先分别在轴的两端各焊一环形焊缝。焊环形焊缝
时, 每次只能焊 $25 \sim 30\text{ mm}$ 长 (或圆周的 $1/8 \sim$
 $1/4$), 而且必须对称地进行焊接。环形焊缝焊好
后, 才依次沿轴线方向堆焊圆柱表面, 每焊一次
均在已焊的环形焊缝上起弧和落弧, 并且由轴的大
头焊向小头, 焊条或直线移动。焊完一道焊缝, 必
须对称地转 180° 后再焊另一道焊缝。每焊一次,
焊长不超过 40 mm 。每次熄弧后, 必须彻底清除焊
渣, 并使工件冷到 30°C 以下 (与工件接触的水面
不起气泡, 也不发出“滋滋”响声时刚好)。在整
个圆柱表面堆焊完一层之后, 才用同样方法堆焊第
二层或第三层, 直至焊够尺寸, 并有 $2 \sim 3\text{ mm}$ 的加
工余量时为止。为了使两端焊缝整齐和有足够的加
工余量, 最好是象开始焊那样, 分别在每一轴端再
薄薄地焊上一道环形焊缝。

⑦ 当工件焊完并冷却后, 仔细检查有无焊接
缺陷。若有缺陷, 必须补焊好, 才能进行机械加
工。加工前应将工件顶在检验台或夹在车床两顶针
之间用千分表检查。若有很小的变形, 可以通过修
正顶针孔的方法进行校正。加工时, 先将焊缝粗车
一遍再检查, 若有未焊透处或发现严重焊接缺陷,
应将其补焊好后再进行精加工。

(2) 承受冲击负荷的 45 号钢大型轴型零件
的焊接修复

1) 焊接修复的特点 由于工件轴径较大, 裂
口又深 (有的仅剩下轴颈的 $1/3$ 没有裂透), 为了
把裂纹全部彻底地除掉, 坡口只能在龙门铣床上用
较大尺寸的立铣刀铣削加工, 因此坡口尺寸较大,
使焊接工作量也相应增加。尤其是单面大型坡口,
已不象前述的那样属于堆焊性质, 而是近于对接焊
缝的性质, 因此引起的技术问题就更多。如焊条熔
敷金属量较多, 焊接的持续时间较长, 加上工件比
较笨重, 翻转和移动困难, 在局部地方焊接热比较
集中, 因此必然引起很大的收缩应力, 裂缝和变形
倾向就会大大增加。加上工件在断裂时就存在一部
分塑性变形, 因此焊后必有较大的变形量, 这种变
形, 在加工焊缝时必须完全将它克服, 否则工件就
有报废的危险。由于裂纹位置是在曲轴偏心部分的
轴肩上, 该处是个强度薄弱的环节, 也是应力比较
集中的地方, 所以要求焊缝上不能存在任何焊接缺
陷。

2) 焊条的选用 在焊接修复的各个技术要求中, 保证焊缝强度不低于母材原来的强度是一个最主要的问题。而工件含碳量高、不利的坡口形式及焊接条件对焊接强度都有影响, 其中含碳量高对焊缝强度的影响最大。所以, 选择焊条应有利于克服由于母材含碳量高而引起对焊缝强度有致命影响的裂纹与气孔。经过多次试验, 用国产 $\phi 2.5\text{mm}$ 的 J507 (结 507 型) 标准焊条, 配合适当的焊接工艺方法, 能收到较好效果。

选用 $\phi 2.5\text{mm}$ 的 J507 焊条的优点是:

① 焊条药皮属于碱性低氢型, 有利于减少焊缝气孔。

② 焊条较细, 有利于减小焊接电流, 限制母材的熔化量及减少气孔, 对减少淬火倾向及工件的变形也很有利。

③ 焊缝具有良好的塑性、韧性及优良的抗裂性能。

④ 焊缝金属的机械性能基本上与母材一致。

3) 焊接方法 为了克服近缝区由于淬火倾向引起的冷裂, 我们在焊接之前把整个工件放入井式电炉中, 立挂着进行预热 (在 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 范围内保温 $3\sim 4\text{h}$), 以减慢焊缝的冷却速度, 有效地减少或消除淬火倾向。同时, 为采用细焊条、小电流造成有利条件。

另外, 为了有效地降低焊缝收缩应力, 防止产生裂纹, 在操作方法上采取了短段、分层及注意焊接顺序和方向, 以使接头有较大自由伸缩性, 焊后采用了缓冷的技术措施。例如: 在焊接过程中, 中间停焊时, 就将工件放入 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 的井式电炉中进行保温。在全部焊完后, 立即将工件放入 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 的井式电炉中挂着保温 $3\sim 4\text{h}$, 然后随炉缓冷至 60°C 左右取出空冷 (最好是随炉缓冷至室温才取出)。

为了克服气孔, 除了采取上述减少母材熔化量的办法外, 还采取如下措施: 焊前将焊条充分烘干, 坡口彻底除尽油污及铁锈, 在无风的场地焊接, 并用保护性较好的短弧焊接, 以减少氢及氧的来源。

4) 焊接修复实例 现以焊接修复的一根

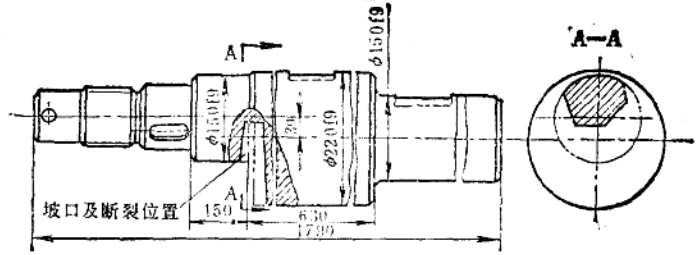


图5-3-2 曲轴的断裂情形

100 t 冲床的曲轴为例说明, 参见图 5-3-2。

该轴由于事故, 在 $\phi 150\text{ f }9$ 的偏心轴肩部分严重断裂, 只剩下 $\phi 150\text{ f }9$ 轴径的 $1/3$ 没有裂透。

该轴材料为 45 号钢, 经过调质处理, 表面硬度为 $179\sim 207\text{HBS}$ 。其焊接修复步骤如下:

① 开坡口 在龙门铣床上用立铣刀沿裂纹铣削坡口。坡口大小以把裂纹全部除尽为准。裂纹位置的寻找, 以着色探伤法为最简捷但也可用“王水” (25% 的硝酸, 75% 的盐酸) 腐蚀裂纹部位的方法寻找裂纹。先将裂纹但不很明显的坡口底面用很细的水磨砂纸打光, 再用脱脂棉浸湿“王水”涂擦, 然后立即用脱脂棉浸沾清水擦洗坡口底面, 把涂上去的“王水”洗去, 最后用脱脂棉浸沾酒精擦洗, 直至坡口底面有点发白色为止。这时裂纹处由于受到“王水”的剧烈腐蚀, 并且又无法洗净, 所以便呈现出一条黑色的印迹 (用 $5\sim 7$ 倍的放大镜便可看得很清楚)。一边找裂纹, 一边跟踪铣削, 直至把裂纹完全除尽为止。其坡口大小及形状, 以使裂纹除尽、便于焊接操作、尺寸越小越好为原则, 坡口两侧应稍带一点斜度。为了将焊缝交接区 (即半熔化区) 移开应力集中的轴肩圆角部位, 特将工件 $\phi 220\text{ f }9$ 的端面 (靠裂纹端) 沿轴心线方向多铣去约 20mm , 作为加大坡口之用。坡口在焊接之前, 应彻底除去油污和锈蚀。

② 工件预热 先在曲轴的小端小孔内焊上一个吊运曲轴用的长形挂钩 (封闭的), 将工件放入井式炉内 (立式挂着), 在 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 的范围内保温 $3\sim 4\text{h}$ 。然后取出工件放在靠近炉子无风的地方的 V 形垫铁上。然后用两层以上的石棉布将曲轴除了坡口及与 V 形铁接触的部位外全部包扎好, 以免热量过快散失。

③ 在焊接之前, 将焊条放在 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 的电炉中烘焙 1h 以上。